

Das Führen eines Kraftfahrzeugs unter Doppel- tätigkeitsbelastung: Altersbedingte Leistungsunter- schiede in Gefahrensituationen

· *Doppeltätigkeit · Kompatibilität · ältere Kraftfahrer*

Zusammenfassung

Doppeltätigkeiten stellen insbesondere für ältere Kraftfahrer deutliche Belastungen dar. So muss beispielsweise ein Fahrzeugführer während des Fahrens zusätzliche Informationen (z. B. des Navigationssystems) aufnehmen und gegebenenfalls auf sie reagieren. Bei ungünstigen Verkehrsbedingungen ist dann mit Einbußen der Reaktionsfähigkeit auf kritische Verkehrssituationen zu rechnen. Die Belastungen hängen auch davon ab, ob die Zweitaufgabe zur auszuführenden Reaktion in der Erstaufgabe kompatibel oder inkompatibel Informationen bereitstellt. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Wirksamkeit der Kompatibilitätsbeziehung von der Bedeutung der Verkehrssituation und von der Richtung der auszuführenden Reaktion abhängt und nicht allein durch den Präsentationsort der reaktionsrelevanten Information determiniert wird.

Praktische Relevanz

Aus den Ergebnissen des Projekts werden Empfehlungen für die altersdifferenzierte Gestaltung von Bedienelementen in Kraftfahrzeugen sowie Vorschläge für Trainingskonzepte für ältere Kraftfahrer entwickelt werden.

Tâche de travail duale pendant la conduite d'une automobile Différences de performance selon l'âge en situation dangereuse

· *Tâche de travail duale · compatibilité · conducteur âgé*

Résumé

Les tâches de travail duales constituent une contrainte importante notamment pour les conducteurs d'un âge avancé. Aujourd'hui, un automobiliste doit non seulement enregistrer et assimiler une quantité d'informations complémentaires (par exemple le système de navigation routière) mais il doit également y réagir. Il faut donc s'attendre à une perte du pouvoir de réaction en situation dangereuse sur la route, notamment si les conditions de circulation sont mauvaises. Les contraintes dépendent de la compatibilité des informations de la 2^e tâche avec celles de la 1^e tâche. Les premiers résultats des recherches indiquent que la pertinence de la relation de compatibilité dépend plutôt de la signification de la situation de trafic et de la direction de la réaction entamée dans la 1^e tâche, et moins de l'endroit où l'information concernant la réaction est présentée.

Importance Pratique

Sur la base des résultats de ce projet, on développera des recommandations visant à différencier selon l'âge la disposition des éléments de contrôle et de commande d'une automobile ainsi que des propositions de concepts pour la formation des conducteurs âgés.

Dual-task performance while driving a car: Age-related differences in critical situations

· *dual-task situation* · *stimulus-response-compatibility* · *older drivers*

Summary

Dual task situations are ubiquitous, at home as well as at work. Especially modern information technologies often require the coordination of different activities. For example, while driving a car the driver has to process additional information (e.g. from the navigation system, from the walkie-talkie or from the mobile phone) and to react in an appropriate way. This is especially the case for professional drivers like taxi drivers or lorry drivers.

Under less demanding driving conditions, e.g. slow driving with low traffic density, the coordination of the primary task (driving the car) and the secondary task (manipulating the navigation system) might be relatively easy. However, under demanding driving conditions and especially in critical traffic situations, impairments in reaction times and driving errors can be expected. Dual task conditions are in particular demanding for older drivers as has been demonstrated in many experimental studies.

Another important factor is the cross-task compatibility that is whether the information presented in the second task provides information, which is compatible or incompatible to the primary task. In first experiments using a driving simulation set-up we tested groups of younger (age: 18 – 30 years) and elderly (age: 56 – 65 years) drivers in their reaction times and error rates in dangerous situations (a person suddenly jumping on the street, which requires a sudden reaction with the steering wheel).

First results indicate that effects of cross-task compatibility depend on the relevance of the driving situation and on the direction of the response that has to be performed in the primary task and not so much on the position at which the information is presented.

Moreover, although the groups of elderly participants show increased reaction times they do not seem to be especially impaired by compatibility effects. This finding might be a result of the increased amount of expertise in older drivers.

Practical Relevance

Information from a driver assistance system (e.g. a navigation system) often requires to react immediately thus introducing a secondary task beneath the main primary task (driving the car).

The study examines with younger and elderly professional drivers whether and how driving is impaired by dual-task demands, especially in critical situations. Based on the findings we plan to propose guidelines and recommendations for the age-based design of operation devices in vehicles and to suggest training programmes for older drivers.

1 Ausgangspunkte und Ziele des Projekts

Doppeltätigkeiten sind im Alltag wie auch im Beruf allgegenwärtig. Eine Koordination verschiedener Tätigkeiten wird durch neue Informationstechnologien immer häufiger gefordert. Ein Kraftfahrer reagiert beispielsweise während des Fahrens auf Informationen, die das Navigationssystem, die Onboard-Unit des Mautsystems, das Funkgerät oder auch nur der Verkehrsfunk bereitstellt. Auf diese Zusatzinformationen müssen v.a. Berufskraftfahrer (z. B. Taxifahrer, LKW-Fahrer) reagieren. Unter günstigen Bedin-

gungen, also bei geringer Verkehrsdichte und vergleichsweise langsamer Fahrt, gelingt es häufig, Erstaufgabe (das Führen des Fahrzeugs) und Zweitaufgabe (z. B. das Bedienen des Navigationssystems) erfolgreich zu koordinieren. Liegen weniger günstige Verkehrsbedingungen vor, also eine hohe Verkehrsdichte und eine schnellere Fahrt, ist gerade unter Doppeltätigkeitsbelastung mit Einbußen bei Reaktionen auf kritische Verkehrssituationen zu rechnen. Gegenstand des hier beschriebenen Projekts sind daher die temporären Leistungseinbußen, die bei Doppeltätigkeit in Gefahrensituationen des Straßenverkehrs zu erwarten sind.

Dabei werden wir insbesondere altersbedingten Leistungsunterschieden bei Kraftfahrern nachgehen.

Bereits seit den 30er Jahren des vergangenen Jahrhunderts ist das Thema ‚Doppeltätigkeit‘ ein zentraler Bestandteil der kognitiven Grundlagenforschung (Telford 1931). In einem typischen Doppeltätigkeitsexperiment müssen die Vpn auf zwei kurz hintereinander präsentierte Reize so schnell wie möglich reagieren, also z. B. auf die Präsentation eines hohen oder tiefen Tones (S1) mit einem linken/rechten Tastendruck (R1) und auf einen blauen oder gelben Reiz (S2) mit den verbalen Reaktionen „blau“ bzw. „gelb“ (R2). Ist das Zeitintervall S1-S2 (Stimulus-Onset-Asynchrone, SOA) recht kurz und fällt damit die Präsentation von S2 in die Reaktionsvorbereitung und –ausführung von R1, so steigen die Reaktionszeiten und Fehler insbesondere in der Zweitaufgabe (S2-R2) dramatisch an.

Bis vor wenigen Jahren wurden diese Leistungseinbußen bei Doppeltätigkeit vorrangig auf Kapazitätsengpässe bei der Reaktionsauswahl zurückgeführt (Überblick bei Pashler, 1994). Die Annahme war, dass zwei Reaktionen nicht gleichzeitig ausgewählt werden können und daher die Reaktionsauswahl der zweiten Aufgabe solange warten muss, bis die der ersten Aufgabe abgeschlossen ist (sog. ‚locus-of-slack‘ Logik, vgl. Bild 1). Mittlerweile ist auch unter Beteiligung unseres Labors nachgewiesen worden, dass sich die Interferenz nicht nur auf das Stadium der Reaktionsauswahl beschränkt, sondern auch die Stadien der sensorischen und motorischen Verarbeitung einbezieht. Erstens konnte man nachweisen, dass die Bearbeitung der Zweitaufgabe selbst dann beeinträchtigt ist, wenn sie nur eine Identifikation eines Reizes und damit keine Reaktionsauswahl verlangt (Überblicke bei Joliceur et al. 1999; Müsseler & Wühr 2002). Und zweitens hat man Doppeltätigkeitsparadigmen mit Kompatibilitätsvariationen zwischen den Aufgaben eingeführt (Überblick bei Lien & Proctor 2002), die zeigen, dass Kompatibilitätsinformation erfolgreich das Stadium der Reaktionsauswahl passieren kann (sog. Bypass-Vorstellung, Hommel 1998; vgl. auch Müsseler et al. 2005; 2006). Aufgrund dieser Befunde kann man davon aus-

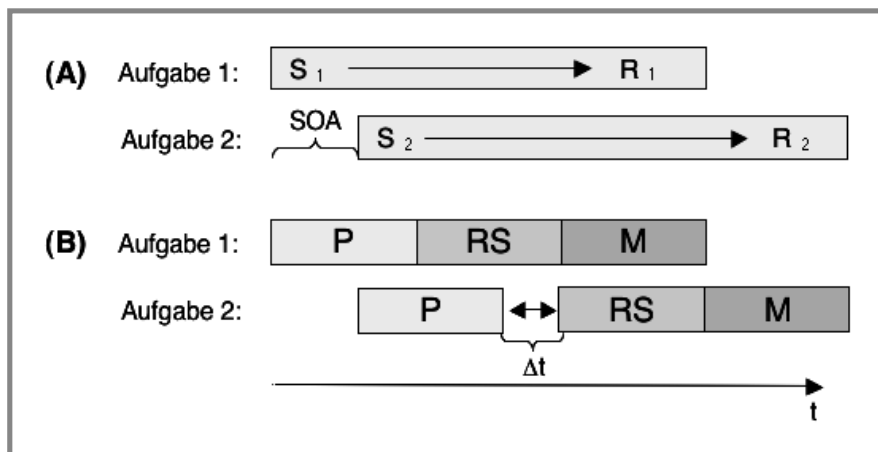


Bild 1: (A) Doppeltätigkeitsaufgabe vom Typ der Psychologischen Refraktärperiode (PRP-Aufgabe). Die Vpn müssen auf zwei kurz hintereinander präsentierte Reize (S1 und S2) mit zwei unterschiedlichen Reaktionen (R1 und R2) reagieren. (B) Typisches Erklärungsmuster dieses Befundes nach der sog. ‚locus-of-slack‘ Logik. Die Reaktionsauswahl (RS) der Zweitaufgabe hat solange zu warten, bis die RS der Erstaufgabe abgeschlossen ist. Dadurch kommt es zu einer Reaktionszeitverlängerung der Zweitaufgabe um den Betrag Δt (P = perzeptuelle/sensorische Verarbeitung, RS = Reaktionsauswahl, M = motorische Verarbeitung, SOA = Stimulus-Onset-Asynchrone).

Figure 1: (A) Basic dual task situation in the psychological refractory period paradigm (prp task). Participants are required to react to two successively presented stimuli (S1 and S2) with two different responses (R1 and R2). (B) Typical explanation based on the locus-of-slack logic. Response selection (RS) of the second task has to wait until RS of the first task terminated. As a result reaction times in the second task are lengthened by Δt (P = perceptual processing, RS = response selection, M = motor processes, SOA = stimulus onset asynchrony).

Illustration 1 : (A) Tâche de travail duale du type période réfractaire psychologique (Tâche PRP). Les personnes testées doivent réagir à deux stimuli présentés rapidement l'un après l'autre (S1 et S2) avec deux réactions différentes (R1 et R2). (B) Exemple d'explication typique des résultats selon la logique « locus-of-slack ». La sélection de la réaction (RS) de la 2^e tâche ne peut se produire tant que la RS de la 1^e tâche n'est pas terminée. Ceci a pour conséquence un allongement du temps de réaction dans la 2^e tâche d'une valeur de Δt (P = Traitement perceptif et sensoriel, RS = sélection de la réaction, M = traitement moteur, SOA = asynchronisme stimulus-onset)

gehen, dass sensorische, kognitive und zentralmotorische Prozesse in Doppeltätigkeitsaufgaben interferenzanfällig sind.

Im vorliegenden Zusammenhang ist von Interesse, dass die Leistungseinbußen bei Doppeltätigkeit (Überblick bei Verhaeghen et al. 2003) mit dem Alter ebenso deutlich zunehmen wie die Interferenzanfälligkeit bei Kompatibilitätsaufgaben (z. B. Pick & Proctor 1999; Spieler et al. 1996). Diese altersspezifische Zunahme wird traditionell dadurch erklärt, dass das Altern eine generelle Verlangsamung kognitiver und insbesondere attentionaler und exekutiver Prozesse nach sich zieht (z. B. Hartley & Little 1999; Reuter-Lorenz 2002; Salthouse & Somberg 1982; siehe aber auch Lindenberger & Baltes 1994). In einer neueren Überblicksarbeit kommen Riby und Mitarbeiter (2004) zu dem Schluss, dass mit dem Alter insbesondere die zu kontrollierenden Prozesse einer Aufgabe verlangsamt sind, während einfache Aufgaben mit automatisch ablaufenden Prozessen weitgehend unbeeinflusst von der Interferenz durch eine Zweitaufgabe durchgeführt werden können.

In vielen Bereichen, die bedeutsam für die Bewältigung von Fahraufgaben sind, findet sich ein Absinken der Leistungsdaten mit zunehmendem Alter. Eine Verminderung der Leistungsfähigkeit im Bereich der Reaktionsfähigkeit und Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit ist bereits ab einem Alter von 45 Jahren festzustellen (Stenneken et al. 2002; Stern et al. 1980). Vor allem mit zunehmender Komplexität der zu bewältigenden Aufgaben finden sich überproportionale Leistungseinbrüche bei älteren Personen (Dobson et al. 1995; Kliegl et al. 2003; Li et al. 2004). Die Fähigkeit, relevante von irrelevanter Information zu unterscheiden, ist insbesondere dann eine altersabhängige Funktion, wenn sie unter Zeitdruck ausgeführt werden muss (Plude & Hoyer 1986); schnelle und korrekte Informationsselektion ist aber gerade im Straßenverkehr eine wichtige Funktion.

Obwohl mit dem Alter sowohl psychologische (z. B. Abnahme der Gedächtnisspanne, Reaktionsschnelligkeit, geteilten Aufmerksamkeit, Vigilanz) als auch physiologische (e.g. Nachlassen des Hörvermögens und der Seh-

fähigkeit, Reduktion der motorischen Beweglichkeit allgemein, Abnahme der Feinmotorik) Veränderungen stattfinden, die sich nachteilig auf die Verkehrstüchtigkeit auswirken können, so spiegelt sich das nicht unbedingt in den Unfallstatistiken wider (Cohen 2001). Das fahrleistungsbezogene Risiko der Unfallverursachung nimmt in den ersten Jahren nach Erteilung der Fahrerlaubnis (18 bis 25 Jahre) stark ab, bleibt dann bis 65 konstant, um über 65 wieder geringfügig anzusteigen (HUK-Verband 1994). Mögliche Ursachen für diesen Befund sind in den Kompensationsstrategien älterer Fahrer zu suchen. Typischerweise vermeiden ältere Fahrer Gefahrensituationen wie Berufsverkehr, Nachtfahrten oder schlechte Sicht bei Witterung (Hartenstein 1995; Stutts 1998) ebenso wie Fahrten unter Alkohol, und sie fahren stattdessen tendenziell langsamer und überwiegend auf ihnen bekannten Routen (Cox & Cox 1998). Schließlich neigen ältere Fahrer stärker zu seriellen anstatt zu parallelen motorischen Handlungen bei der Bedienung des PKW (Hakamies-Blomqvist et al. 1999). Insgesamt werden also Situationen gemieden, in denen eine erhöhte kognitive Anstrengung erforderlich ist. Häufigste Unfallursachen bei älteren Fahrzeugführern sind Fehlverhalten an Kreuzungen und Einmündungen, Auffahrunfälle sowie übersehene Verkehrszeichen (Cox & Cox 1998; Praxenthaler 1995), was wiederum auf kognitive Überlastungssituationen hindeutet. Unterdurchschnittlich häufige Unfallursachen sind Trunkenheit am Steuer, Geschwindigkeitsübertretungen oder Fehler beim Überholen (Praxenthaler 1995).

Ältere Fahrzeugführer scheinen also kompensatorische Prozesse zu entwickeln, die geeignet sind, primäre sensorische und motorische, aber auch kognitive Defizite auszugleichen (z. B. Sommer et al. 2004). Der ältere Fahrzeugführer fährt danach nicht unbedingt schlechter, da man aber nicht allen Defiziten durch Vermeidung von problematischen Situationen (z. B. von Nachtfahrten) ausweichen kann, fahren ältere Fahrzeugführer unter einer erhöhten kognitiven Belastung. Es bleibt zu klären, inwieweit dies auch für Gefahrensituationen gilt, in denen eine zeitliche Koordination der verschiedenen Tätigkeiten verlangt ist.

2 Erste Ergebnisse

Beim Führen eines Kraftfahrzeugs muss häufig schnell auf visuelle Informationen reagiert werden, die räumlich lokalisiert sind. Aus der Kompatibilitätsforschung ist bekannt, dass Schnelligkeit und Fehler einer räumlichen Reaktion vom Präsentationsort des reaktionsauslösenden Reizes beeinflusst werden. So erleichtert ein ipsilateraler (mit der Reaktion räumlich korrespondierender Reiz) die Reaktion, wohingegen ein kontralateraler (mit der Reaktion räumlich nicht korrespondierender Reiz) einen Nachteil darstellt. Derartige Befunde werden von Kompatibilitätstheorien mit einer automatischen Aktivierung der kompatiblen Reaktion erklärt (Kornblum et al. 1990). In der Literatur wurde die Frage des Einflusses von Kompatibilitätseffekten auf Reaktionen beim Autofahren bisher nahezu ignoriert. Eine Ausnahme bildet die Untersuchung von Wang und Mitarbeitern (2003), die den Einfluss von Warnsignalen auf Ausweichreaktionen untersucht haben. Ziel unserer ersten Experimente war es zu prüfen, ob eine Gefahrensituation im Straßenverkehr (z. B. eine plötzlich von rechts auf die Fahrbahn springende Person) diese Reaktionstendenz nicht umzukehren vermag. Kompatibilitätstheorien würden implizieren, dass man zunächst zu einer Reaktion in Richtung auf die Gefahrensituation hin tendiert und diese ggf. korrigiert. Wir hinterfragen, ob diese automatische Aktivierung der ipsilateralen Reaktion auch in der Verkehrssituation erfolgt.

An den ersten vier Experimenten nahmen 92 Personen im Alter zwischen 18 und 65 Jahren teil. In einem abgedunkelten Raum saßen die Versuchsteilnehmer in einem Autositz mit Lenkrad und Pedalen. Die Präsentation der Videos erfolgte computergesteuert über einen Beamer (Epson K-EMP 82) mit einer Auflösung von 1024 x 768 Pixel auf eine ca. 3 m entfernte Leinwand (Projektionsfläche: Höhe 1,12 m x Breite 1,52 m). In allen Experimenten wurde ein Taxifahrer-Szenario realisiert, d. h. den Versuchspersonen wurden in einer simulierten Fahrsituation kurze Videosequenzen gezeigt, in denen sie mit dem Auto eine Straße entlang auf eine Kreuzung zufahren und Personen (eine heranwinkende oder eine plötzlich auf die Fahrbahn springende Person) rechts oder links auf dem Bild-

schirm erscheinen. Die Probanden sollten entweder mit einer Zuwendungs- oder einer Ausweich-Reaktion mittels Lenkradbewegung reagieren. Der Start eines Durchgangs erfolgt jeweils durch Druck auf das Gaspedal.

Im ersten Experiment wurde zunächst überprüft, ob die oben dargestellte Aktivierung gemäß gängiger Kompatibilitätstheorien auch für Gefahrensituationen im Straßenverkehr zutrifft oder ob Kompatibilitätseffekte von der Bedeutung der Reize abhängen. Die Verkehrssituation wurde dazu mit einer Kontrollbedingung verglichen, in der neutrale Reize (Raute bzw. Quadrat) links oder rechts erschienen und auf die ebenfalls mit einer kompatiblen oder inkompatiblen Lenkradbewegung reagiert werden musste. Dieses erste Experiment wurde zunächst nur mit jüngeren Versuchspersonen (Durchschnittsalter 21 Jahre) durchgeführt und es zeigte sich, dass entgegen den Vorhersagen gängiger Kompatibilitätstheorien die Ausweichreaktion auf eine plötzlich auf die Straße springende Person (inkompatible Bedingung) signifikant schneller erfolgt als die Zuwendungs-Reaktion auf die winkende Person (kompatible Bedingung). In der Kontrollbedingung mit neutralen Reizen dagegen war der übliche Kompatibilitätseffekt zu beobachten. In Gefahrensituationen scheinen sich also die Kompatibilitätseffekte umzukehren, d. h. sie sind abhängig von der Bedeutung der Reize (Müsseler & Aschersleben, in Vorb.). Dieser Befund konnte auch in den nächsten beiden Experimenten bestätigt werden. Wenn nämlich die Personen peripher, also am Bildrand präsentiert werden und daher vermutlich nicht mehr als Gefahrensituation interpretiert werden, zeigt sich wieder der übliche Kompatibilitätseffekt. In Experiment 3 konnten wir die Ergebnisse des ersten Experiments replizieren und haben außerdem eine Gruppe älterer Autofahrer (Durchschnittsalter 62 Jahre) mit einer Gruppe jüngerer Autofahrer (Durchschnittsalter 25 Jahre) verglichen. Wie erwartet zeigen sich deutlich verlangsamte Reaktionszeiten bei den älteren Personen, allerdings findet sich keine Interaktion zwischen Alter und Kompatibilität, d. h. der Kompatibilitätseffekt ist bei älteren Personen nicht vergrößert (vgl. Bild 2). Eine mögliche Erklärung hierfür ist die Tatsache, dass die älteren

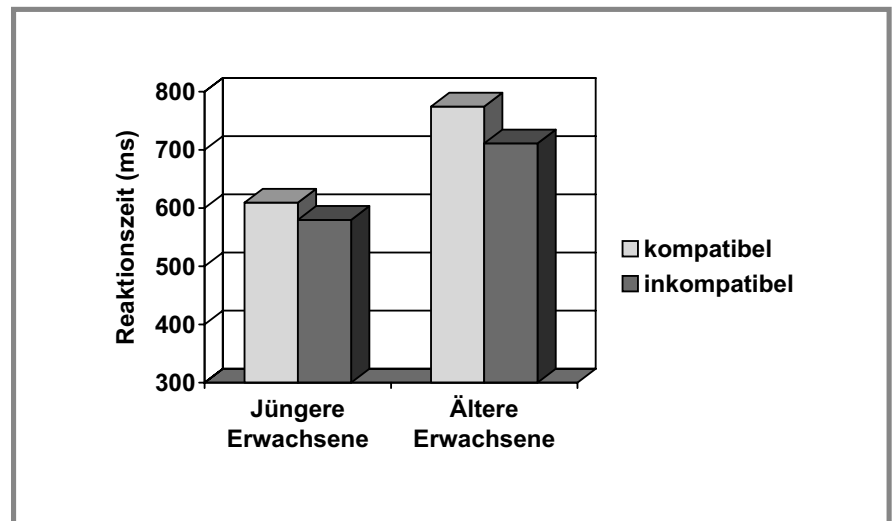


Bild 2: Reaktionszeiten (in Millisekunden) für die beiden untersuchten Altersgruppen und die beiden Kompatibilitätsbedingungen

Figure 2: Reaction times (in ms) for the two tested aged groups and the compatible vs. incompatible condition

Illustration 2: Temps de réaction en milliseconde pour les deux groupes d'âge examinés et pour les deux conditions de compatibilité

ren Personen auch eine größere Erfahrung im Autofahren haben. Dieser Erklärung, dass durch Expertise mögliche Beeinträchtigungen im Alter kompensiert werden können, soll in weiteren Experimenten mit älteren und jüngeren Berufskraftfahrern (z. B. Taxifahrern) nachgegangen werden.

Im nächsten Schritt wurde die Fragestellung auf den Einfluss von Doppeltätigkeiten während des Autofahrens erweitert. Dazu wurden den Probanden kurz bevor der handlungsrelevante Reiz (die Person) präsentiert wurde, eine akustische Meldung des Navigationsgeräts eingespielt. Die Erstaufgabe bestand also im Ausweichen einer plötzlich auf die Straße tretenden Person, die Zweitaufgabe in der Registrierung von (und späteren Reaktion auf) Meldungen des Navigationssystems. Da diese Meldungen eine Richtungsanweisung („jetzt rechts“ oder „jetzt links“) und daher ebenfalls eine räumliche Information beinhalteten, interessierten uns insbesondere die Kompatibilitätsbeziehungen zwischen der Erst- und der Zweitaufgabe. Erste Ergebnisse zeigen, dass schnellere Reaktionen zu beobachten sind, wenn die

Meldung des Navigationssystems mit der auszuführenden Reaktion übereinstimmt. Das bedeutet, dass bei inkompatibler Beziehung zwischen Reizposition (z. B. man weicht einer auf die Straße springenden Person von links mit einer rechten Lenkraddrehung aus) und Navigationssystemmeldung (z. B. „jetzt rechts“) schnellere Reaktionen zu beobachten sind als umgekehrt.

In einer aktuell laufenden Studie wird der Einfluss von Doppeltätigkeit in Abhängigkeit vom Alter und von der Expertise untersucht, d. h. es werden neben älteren Autofahrern auch jüngere und ältere Taxifahrer untersucht. Wir erwarten einen Einfluss sowohl des Alters als auch der Expertise, d. h. die Vulnerabilität durch die Zweitaufgabe, die vermutlich im Alter zunimmt, wird möglicherweise durch die größere Expertise bei den Taxifahrern kompensiert.

3 Diskussion und Ausblick

Das Ziel des hier dargestellten Projekts ist die Analyse von spezifischen Be-

lastungen von Kraftfahrern unter Doppeltätigkeitsanforderungen. Die ersten Experimente haben bereits belegt, dass es in Gefahrensituationen zu deutlichen Einflüssen der Zweitaufgabe (z. B. Meldungen des Navigationssystems) auf die Reaktionszeit in der Erstaufgabe kommt. In weiteren Experimenten soll zum einen der Einfluss verschiedener Reizmodalitäten (z. B. visuell oder taktil) der Zweitaufgabe untersucht werden. Zum zweiten wurden bisher sogenannte funktionell abhängige Aufgaben untersucht, d. h. die Informationen aus der Zweitaufgabe waren relevant für die Ausführung der Erstaufgabe. Ob die beobachteten Zusammenhänge in gleicher Weise auch für funktionell unabhängige Aufgaben gelten (also z. B. das Einstellen eines Radiosenders), soll in weiteren Studien geprüft werden. Insgesamt soll diese Analyse genutzt werden, um Empfehlungen für die altersdifferenzierte Gestaltung der Präsentations- und Bedienelemente im Kraftfahrzeug sowie ggf. Trainingskonzepte für ältere Arbeitnehmer entwickeln zu können.

Literatur

- Cohen, A. S.:** Leistungsanforderungen und -möglichkeiten der Senioren als Fahrzeuglenker. In A. Flade, M. Limbourg, & B. Schlag (Hrsg.), *Mobilität älterer Menschen* (S. 241-258). Opladen: Leske & Buldrich 2001
- Cox, A. B.; Cox, D. J.:** Compensatory driving strategy of older people may increase driving risk. *Journal of the American Geriatrics Society*, 46(8), 1058-1059 1998
- Dobson, S. H.; Kirasic, K. C.; Allen, G. L.:** Age-related differences in adults' spatial task performance: Influences of task complexity and perceptual speed. *Aging & Cognition*, 2(1), 19-38 1995
- Hakamies-Blomqvist, L.; Mynttinen, S.; Backman, M.:** Age-related differences in driving: are older drivers more serial? *International Journal of Behavioral Development*, 23(3), 575-589 1999
- Hartenstein, W.:** Das „Älterwerden“ der Autofahrer-Population: Größenordnungen, Fahrgewohnheiten, Einstellungen, Auswirkungen. In J. Lindacher (Ed.), *Ältere Menschen im Straßenverkehr. Schriftenreihe Straßenverkehr, Bd. 34* (pp. 16-24). München: ADAC 1995
- Hartley, A. A.; Little, D. M.:** Age-related differences and similarities in dual-task interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128(4), 416-449 1999
- Hommel, B.:** Automatic stimulus-response translation in dual-task performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 24(5), 1368-1384 1998
- HUK-Verband:** *Fahrzeugsicherheit 90*. München: Büro für Kfz-Technik der Haltpflichtversicherer, Autoversicherer und Rechtsschutzversicherer e. V. 1994
- Joliceur, P.:** Dual-task interference and visual encoding. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 596-616 1999
- Kliegl, R.; Krampe, R. T.; Mayr, U.:** Formal models of age differences in task complexity effects. In U. Staudinger & U. Lindenberger (Eds.), *Understanding human development: Lifespan psychology in exchange with other disciplines* (pp. 289-313) 2003 Dordrecht: Kluwer.
- Kornblum, S.; Hasbroucq, T.; Osman, A.:** Dimensional overlap: Cognitive basis for stimulus-response compatibility: A model and taxonomy. *Psychological Review*, 97, 253-270 1990
- Li, S.-C.; Lindenberger, U.; Hommel, B.; Aschersleben, G.; Prinz, W.; Baltes, P.:** Transformations in the couplings among intellectual abilities and constituent cognitive processes across the life span. *Psychological Science*, 15(3), 155-163 2004
- Lien, M. C.; Proctor, R. W.:** Stimulus-response compatibility and psychological refractory period effects: implications for response selection. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(2), 212-238 2002
- Lindenberger, U.; Baltes, P. B.:** Sensory functioning and intelligence in old age: A strong connection. *Psychology and Aging*, 9(3), 339-355 1994
- Müsseler, J.; Aschersleben, G. (in Vorb.):** *Dual-task performance and S-R compatibility while driving a car*. Manuskript in Vorbereitung.
- Müsseler, J.; Wühr, P.:** Response-evoked interference in visual encoding. In Prinz, W. & Hommel, B. (Eds.) *Attention and Performance XIX: Common Mechanisms in Perception and Action* (pp. 520-537). Oxford, UK: Oxford University Press 2002
- Müsseler, J.; Koch, I.; Wühr, P.:** Compatibility effects with irrelevant locations in dual task: A cross-task Simon effect. *European Journal of Cognitive Psychology*, 17, 708-72 2005
- Müsseler, J.; Wühr, P.; Umiltà, C.:** Processing of irrelevant location information under dual-task conditions. *Psychological Research*, 70, 459-46 2006
- Pashler, H.:** *Attention*. Hove, UK, Psychology Press 1998
- Pick, D. F.; Proctor, R. W.:** Age differences in the effects of irrelevant location information. In M. W. Scerbo & M. Mouloua (Eds.), *Automation technology and human performance: current research and trends* (pp. 258-261). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum 1999
- Plude, D. J.; Hoyer, W. J.:** Age and the selectivity of visual information processing. *Psychology & Aging*, 1(1), 4-10 1986
- Praxenthaler, H.:** Besitz und Nutzung des Führerscheins in verschiedenen Altersgruppen. In J. Lindacher (Hrsg.), *Ältere Menschen im Straßenverkehr. Schriftenreihe Straßenverkehr, Bd. 34* (pp. 24-36). München: ADAC 1995
- Reuter-Lorenz, P. A.:** New visions of the aging mind and brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(9), 394-400 2002
- Riby, L. M.; Perfect, T. J.; Stollery, B. T.:** The effects of age and task domain on dual task performance: A meta-analysis. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16(6), 868-891 2004
- Salthouse, T. A.; Somberg, B. L.:** Isolating the age deficit in speeded performance. *Journal of Gerontology*, 37(1), 59-63 1982
- Sommer, S. M.; Falkmer, T.; Bekiaris, E.; Panou, M.:** Toward a client-centred approach to fitness-to-drive assessment of elderly drivers. *Scandinavian Journal of occupational therapy*, 11, 62-29 2004
- Spieler, D. H.; Balota, D. A.; Faust, M. E.:** Stroop performance in healthy younger and older adults and in individuals with dementia of the Alzheimer's type. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 22(2), 461-479 1996
- Stenneken, P.; Aschersleben, G.; Cole, J.; Prinz, W.:** Self-induced versus reactive triggering of synchronous movements in a deafened patient and control subjects. *Psychological Research*, 66, 40-49 2002
- Stern, J. A.; Oster, P. J.; Newport, K.:** Reaction time measures, hemispheric specialization, and age. [References]. In L. W. Poon (Ed.), *Aging in the 1980s: Psychological issues* (pp. 309-326). Washington, DC: American Psychological Association 1980
- Stutts, J. C.:** Do older drivers with visual and cognitive impairments drive less? *Journal of the American Geriatrics Society*, 46(7), 854-861 1998
- Telford, C. W.:** The refractory phase of voluntary and associative responses. *Journal of Experimental Psychology*, 14, 1-37 1931
- Verhaeghen, P.; Steitz, D. W.; Sliwinski, M. J.; Cerella, J.:** Aging and dual-task performance: A meta-analysis. *Psychology & Aging*, 18(3), 443-460 2003
- Wang, D.Y.D.; Proctor, R. W.; Pick, D. F.:** Stimulus-response compatibility effects for warning signals and steering responses. *Proceedings of the Second International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design*, 226-230 2003

Anschrift der Verfasser

Prof. Dr. Gisa Aschersleben

Arbeitseinheit Entwicklungspsychologie

Fachrichtung 5.3 - Psychologie

Universität des Saarlandes

Postfach 15 11 50

D-66041 Saarbrücken

Prof. Dr. Jochen Müsseler

Arbeits- und Kognitionspsychologie

Institut für Psychologie

RWTH Aachen

Jägerstraße 17-19

D-52066 Aachen

E-Mail: aschersleben@mx.uni-saarland.de